

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-093140

(43)Date of publication of application : 10.04.1998

(51)Int.Cl.

H01L 33/00

H01S 3/18

(21)Application number : 08-246432

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 18.09.1996

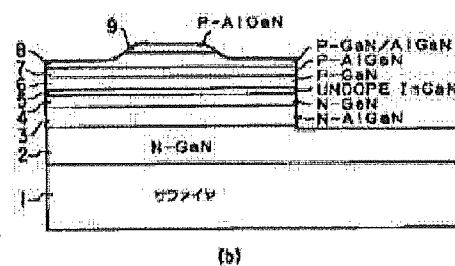
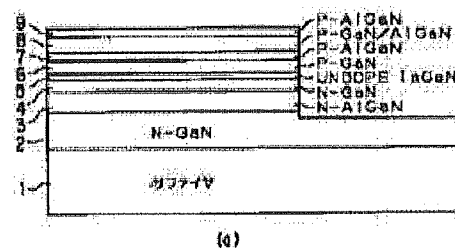
(72)Inventor : JOHN RENNIE  
HATAGOSHI GENICHI

## (54) GAN LIGHT-EMITTING DEVICE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To reduce an operational voltage and a threshold current of a device by performing mesa-etching to a confinement region to a desired shape, after formation of a confinement region containing a layer-like etching region consisting of at least one layer as a constituent element.

**SOLUTION:** A layer-like etching region, consisting of a p-type GaN/AlGa grade layer 8 is interposed between p-type AlGaIn clad layers 7 and 9. An Al composition of a layer-like etching region is graded by gradually increasing an Al composition upward from a p-type GaN layer in contact with a clad layer 7, so that it attains a composition of the clad layer 9 adjacent to an upper part. Since etching of AlGaIn is faster than that of GaN of a lower layer, etching rate lowers gradually from an upper part to a lower part, and finally GaN functions as an etching stop layer, therefore, mesa stripes 8, 9 having a wedge-type foot are formed. An operational voltage and a threshold current of the device can be reduced by using a layer-like etching region.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-93140

(43) 公開日 平成10年(1998) 4月10日

(51) Int.Cl.<sup>9</sup>

識別記号

F I

H 0 1 L 33/00

H 0 1 L 33/00

C

H 0 1 S 3/18

H 0 1 S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号

特願平8-246432

(22) 出願日

平成8年(1996) 9月18日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 ジョン・レニー

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 波多腰 玄一

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

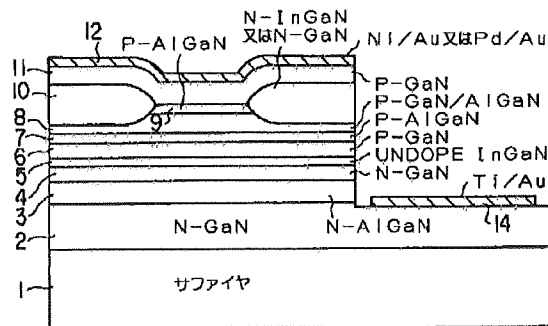
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

(54) 【発明の名称】 GaN系発光装置

(57) 【要約】

【課題】 GaN系発光装置の特性を改善する最適なメサの形状を得ること、及びメサ上に成長するGaN及び多層構造の結晶性を改善すること。

【解決手段】 GaN系発光装置において、特にGaN/AIGaNからなる層状のエッチング領域を設け、これと電気化学的エッチング法を組み合わせることにより、GaN系発光装置の高性能化に必要な任意の断面形状を有するメサストライプを得ることができる。前記エッチング領域を加工要素として用いれば、最適な特性を示すに必要なメサストライプを含むGaN系発光装置の多層構造を容易に形成することができるため、低電圧でかつ低しきい値電流で動作する高性能で長寿命なGaN系発光装置を得ることができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも電流及び光のいずれか1つの閉じ込め領域を有するGaN系発光装置において、少なくとも1層からなる層状のエッチング領域を構成要素として含む閉じ込め領域を形成した後、前記閉じ込め領域を所望の形状にメサエッチングしたことを特徴とするGaN系発光装置。

【請求項2】 前記層状のエッチング領域のメサエッチングが電気化学的方法により行われたことを特徴とする請求項1記載のGaN系発光装置。

【請求項3】 前記層状のエッチング領域を構成する少なくとも1つの層の抵抗率が、隣接する層の抵抗率と異なる値を有することを特徴とする請求項2記載のGaN系発光装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はGaN系半導体レーザ又はGaN系発光ダイオード等のGaN系発光装置に係り、特に電流と光の閉じ込め領域を有する装置において、あらかじめ層状のエッチング領域を用意し、これをウエットエッチングすることにより閉じ込め領域の形状を最適化することを特徴としている。前記層状のエッチング領域を具備することにより、低電圧でかつ低しきい値電流で動作する装置を得ると同時に、エッチング領域上に再成長したGaN系多層構造の界面特性と結晶性が向上することにより、長寿命な装置を得ることができる。

## 【0002】

【従来の技術】従来GaN系発光装置は、GaNのP型不純物としてMgの添加に成功して以来、紫外又は可視青色領域における半導体レーザあるいは発光ダイオードとして、商品化をめざした多くの研究開発が進められた。しかし、一定の限定された範囲でレーザ作用が見られたものの、克服すべき多くの課題が残され、まだ商品化には至っていない。

【0003】その1つは、良好な球面波を有する光ビーム放射を可能とするよう、GaN系半導体レーザ装置の電流及び光の閉じ込め領域を形成することである。現状においては、前記レーザは極めて非対称な、もしくは位相が揃っていないビームを放射することしかできないため、実用的なレーザ特性が得られていない。これは前記GaN系半導体レーザ装置の特性向上にとって、オーミックコンタクト抵抗の低減と同様に重要な検討課題となっている。

【0004】従来のIII-V族化合物半導体レーザ装置においては、これらの課題は活性層を含む多層構造をメサ型にエッチングした後、上部コンタクト領域を再成長により形成する埋め込みストライプ構造、例えばBH(Buried Hetero)、CDH(Constricted Double Hetero)、SBR(Selectively Buried Ridge Waveguide)

等の構造を用いることにより達成されてきた。

【0005】しかし、GaN系化合物半導体材料は化学的に不活性な性質があり、ウエットエッチングを行うことが極めて困難であるため、従来III-V族化合物半導体レーザ及び発光ダイオードを対象として開発されてきた大部分の技術が、GaN系システムには移転できないという問題がある。すなわちGaN系では、メサ加工には主としてドライエッチングしか用いることができないため、GaN系半導体レーザ装置に前記埋め込みストライプ型CDH構造を形成し、良好なレーザ特性を得ることはいちじるしく困難であった。

【0006】ドライエッチング法では、主として入射面に垂直方向にエッチングが進行する。従ってドライエッチング法を用いて形成されたメサの側面は、メサの上面に対して90°の角度を持つ。用途によってはこのような形状が望ましい場合もあるが、GaN系半導体レーザ装置等に対しては、前記のような角型の断面構造の部分を含まない、上面からならだかに裾野が広がるメサ型形状の方が望ましい。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】上記したように従来のGaN系発光装置は、主としてドライエッチング法を用いて、電流と光の閉じ込め率が低い、角型の断面形状を有するメサ型構造の形成が試みられていたため、動作電圧とレーザ発光のしきい値電流の大きい、実用に耐えない装置しか得られなかった。

【0008】本発明は上記の問題点を解決すべくなされたものであり、メサ加工面を電流と光の閉じ込めにとって最適な形状に制御するエッチング方法を見出し、GaN系発光装置について最適設計されたメサストライプの断面形状の加工に、この制御方法を用いることにより、これらの装置の動作電圧としきい値電流を大幅に低減することを目的としている。

【0009】さらにメサ加工面の形状を制御するエッチング方法を適用することにより、従来に比べてGaN系半導体表面に形成される点欠陥の数を減少させ、平滑な界面を有するGaN系結晶上の多層構造の成長を可能とし、長寿命で結晶性に優れた装置を得ようとするものである。

## 【0010】

【課題を解決するための手段】本発明のGaN系発光装置は、少なくとも電流及び光のいずれか1つの閉じ込め領域を具備し、かつ前記閉じ込め領域は少なくとも1層からなる層状のエッチング領域を構成要素として含むものであり、前記閉じ込め領域をメサエッチングすることにより所望のメサ型形状を有する閉じ込め領域を形成したものである。

【0011】好ましくは、前記層状のエッチング領域のエッチングは、電気化学的方法により行われることを特徴とする。また、前記層状のエッチング領域を構成する

少なくとも1つの層の抵抗率が、隣接する層の抵抗率と異なる値を有することを特徴とする。

【0012】上記のように本発明は、特別に形成された層状のエッチング領域を設けること、及びこれにメサ加工面のエッチング率を制御することができる電気化学的エッチングを併用することにより、良好なメサ型加工面を有するGaN系発光装置を提供することができる。また、前記層状のエッチング領域を用いることにより、動作電圧としきい値電流を大幅に低減したGaN系レーザ装置を構成することができる。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。図1(a)は本発明の第1の実施の形態における、利得ガイド型GaN系半導体レーザ装置の製造工程の中間段階における構造を示す断面図である。

【0014】図1(a)に示すGaN系半導体レーザ装置は、サファイヤ基板1の上にN型GaNバッファ層2を成長した後、レーザ装置の主要部であるN型AlGa

Nクラッド層3、N型GaN光ガイド層4、undoped-InGa

N活性層5を成長し、引き続きその上にP型GaN光ガイド層6と、P型AlGa

Nクラッド層7を成長する。この段階までは従来のGaN系半導体レーザ装置、発光ダイオードと同様な構造に形成される。

【0015】ここで各層の成長には通常GaN系材料のエピタキシャル成長に用いるMOCVD(Metal Organic Chemical Vapor Deposition)法が適用される。In

GaN活性層5よりも禁制帯幅の大きいGaN光ガイド層4、6、更に禁制帯幅が大きく屈折率の小さいAlGa

Nクラッド層3、7を用いることにより、そのヘテロ接合面において、活性領域5への縦方向のキャリア閉じ込めと、これに伴う活性領域への縦方向への光閉じ込めを有効に行うことができる。

【0016】さらに良好な球面波を有する光ビーム放射を可能にするため、横方向の電流閉じ込めと、これに伴う光の横モードの制御が必要となる。これを実現するため、エッチングマスクを用いて、通常十分厚く成長した上部クラッド層7を、メサ型断面形状を有するメサストライプ状に形成し、メサの側面上に電流狭窄(電流ブロック)層を設けて、平坦なメサの上部より電流を供給する構造が用いられる。

【0017】本発明の構造は、前記メサ型断面形状を有するメサストライプをP型AlGa

Nクラッド層7に形成するに当り、前記AlGa

Nクラッド層7の上にP型GaN/AlGa

Nグレード層8からなる層状のエッチング領域を成長し、更にその上に光の横方向閉じ込め効果を高めるためAlGa

Nクラッド層9を成長した後、前記メサストライプを加工することにある。

【0018】図1(a)に示す構造は、メサ型の形成前の本発明のGaN系半導体レーザの多層構造を示してい

る。標準的な光蝕刻技術を用いてP型AlGa

N層9のメサとする領域をマスクし、その他の部分をメサエッチングする。

【0019】P型GaN/AlGa

Nグレード層8からなる層状のエッチング領域は、P型AlGa

Nクラッド層7と9の間に介在し、クラッド層7に接するP型GaN層から上向きにAl組成を徐々に増加して上部に隣接するクラッド層9の組成に達するよう層状のエッチング領域のAl組成のグレード付けを行う。

【0020】前記グレード付けは必ずしも連続的に行う必要はなく、前記層状のエッチング領域をステップ状にAl組成が増加する多層構造を用いて形成するようにしても良い。例えばGaNとAlGa

Nからなる超格子や下部にGaN層を有する1層のAlGa

Nをこの目的に用いることもできる。

【0021】前記層状のエッチング領域において、AlGa

Nのエッチングは下層のGaNより速いので、グレード付けされた上部のAlGa

Nから下部のGaNに向けて次第にエッチング率が低下し、最後にGaNが事実上のエッチング停止層として働くため、図1(b)に示すようなウェッジ型の裾野を有するメサストライプ8、9が形成される。

【0022】図2は、ドライエッチングを用いてP型AlGa

Nクラッド層9に形成された、従来のGaN系半導体レーザ装置に用いられた角型のメサストライプの断面構造を示す図である。ドライエッチングを用いる場合には、Al組成を変化することによりエッチング率を変化させても、メサストライプ構造の断面形状は図2に示すように角型になり変化しない。従って、本発明のP型GaN/AlGa

Nグレード層8を設けても、メサの断面形状をなだらかにする効果は得られない。

【0023】次に、図2に示すようにメサストライプの断面形状が角型である場合に、レーザ特性に生ずる問題点について説明する。図3に示すように、レーザ装置を形成するための次の段階は、電流ブロックと光の横モード制御を行うため、N型のInGa

N又はGaNからなる領域10を成長することである。このとき、ドライエッチングによりメサ型を形成したGaN系半導体レーザ装置では、2つの大きい問題が生ずる。

【0024】第1の問題は、図2のようにドライエッチされたAlGa

N層9の表面は粗な面となり、例えば電流ブロック領域10としてN型GaNを用いた場合、P型AlGa

Nクラッド層9とN型GaN電流ブロック領域10との界面の形状は極めて劣悪なものとなる。従って、界面に生じた高密度の欠陥により低抵抗なリークパスが発生し、レーザ装置のリーク電流を増加させる。

【0025】第2の問題は、メサエッジの側面が垂直であることより生ずる。図2に示すメサエッジ9の基底部分との角型のコーナーの部分には、均一に結晶生長させることがいちじるしく困難であり、通常前記メサの基底

部分には高密度の欠陥を含む領域が形成される。この領域ではリーク電流が極めて大きいため十分な電流ブロックが行われず、また注入されたキャリアの再結合率が大きいめレーザ発光の出力が大幅に低下する。

【0026】これに対して、層状のエッチング領域を形成した上で、ウェットエッチングによりメサストライプを形成した本発明のGaN系半導体レーザの構造を用いれば、メサストライプの基底部分がなだらかで、かつ平滑性に優れているため過剰の欠陥を生ずることがなく、N型GaN又はN型InGaNからなる電流ブロック領域10を容易に成長することができる。

【0027】また、ウェットエッチング法を用いれば、ドライエッチングのようにエッチ面に表面損傷を受けることがないので、ドライエッチングに比べて極めて平滑な界面形状が得られる。

【0028】最後に図3に示すように、前記N型InGaN又はGaNからなる電流ブロック層10とP型AlGaN層9の上部に、P型GaNからなるコンタクト層11をMOCVD法により成長し、その上にNi/Au又はPd/Auからなるアノード電極12と、サファイヤ基板上に隣接して形成されたGaNバッファ層2の上にTi/Auからなるカソード電極14をそれぞれスパッタ法を用いて形成することにより、GaN系半導体レーザ装置を完成することができる。

【0029】本発明の方法は、上記電流ブロック層を用いる埋め込みCDH型レーザの他、単純なメサ型構造を有するレーザの形成にも応用することができる。このほか、ドライエッチング法で得られる角型のメサの形状とは異なる、種々のメサ形状を有するその他のレーザ構造にも適用することができる。また同様な構造をGaN系高輝度発光ダイオードにも適用できることはいうまでもない。

【0030】次に図4に基づき、本発明の第2の実施の形態について説明する。図4は、本発明の層状のエッチング領域を用いたウェットエッチング方法を、単純なメサストライプ型レーザの形成に用いた場合の装置の断面構造を示す図である。サファイヤ基板1の上にMOCVD法を用いてN型GaNバッファ層2を形成し、引き続き本発明の層状のエッチング領域としてN型GaN/AlGaNグレード層15を成長する。N型GaN/AlGaNグレード層15の材料構成は第1の実施の形態において説明したものと同様である。

【0031】引き続きN型AlGaNクラッド層3、N型GaN光ガイド層4、undoped-InGaN活性層5、P型GaN光ガイド層6、P型AlGaNクラッド層7、P型GaNコンタクト層11からなるレーザ装置の多層構造をMOCVD法により成長する。

【0032】次に図4に示すように、前記GaN系半導体レーザを構成する多層構造をメサストライプ型に加工することにより、ビーム状のレーザ発光を得ることが可

能になる。通常メサストライプ型のレーザでは、メサ加工により露出した側面を保護するため、保護絶縁膜13を用いて被覆する。

【0033】このようなメサストライプの形成に、図2で説明したドライエッチング法を用いれば、メサの側面が基板表面に対して90°にエッチングされるため、理想的な形状が得られるように思われる。

【0034】しかし、第1の実施の形態において説明したように、ドライエッチングによりメサ加工された側面は表面損傷が大きいめ、表面におけるリーク電流と注入キャリアの再結合率がいちじるしく大きくなり、レーザ発光のしきい値電流が大幅に増加する。また、このように表面リーク電流の増加したレーザ装置は、保護絶縁膜13で被覆しても十分な装置の信頼性を確保することができない。

【0035】ドライエッチングによる表面損傷により発生する欠陥密度は、メサストライプの角型の基底部分において最大となり、またこの部分には、前記保護絶縁膜を密着させることが困難となる。これらの問題を回避するため、メサエッチングをウェット法を用いて行うことと、メサストライプの基底部分における角型形状を、なだらかに裾野を引く形にすることが必要である。

【0036】このため図4に示すように、本発明の層状のエッチング領域であるN型GaN/AlGaNグレード層15は、メサの基底部に設けられ、レーザ装置を構成する多層構造の最上層にストライプ状のマスクを設けて、ウェットエッチングすることにより、メサの基底部になだらかな裾野を形成する。このなだらかな形状は、メサ基底部へのより密着性の高い絶縁膜13の形成を可能とし、装置の信頼性を向上させる。またウェットエッチングにより表面再結合中心を低減することにより、しきい値電流が小さく、また低消費電力なGaN系半導体レーザ装置を得ることができる。

【0037】次に図5に基づき本発明の第3の実施の形態について説明する。図5は第1の実施の形態とは構造の異なるCDHレーザに、本発明の層状のエッチング領域を用いた例が示されている。この例では前述の例と異なり、最もエッチングされ難いGaNがGaN/AlGaNグレード層16の上部に設けられている。

【0038】サファイヤ基板1の上にN型GaNバッファ層2を成長し、引き続き本発明のN型GaN/AlGaNグレード層16からなる層状のエッチング領域を成長する。このときグレード層16の構成は、前記N型GaNバッファ層2に隣接する部分でAl組成が最大であり、上方に向けてAl組成が減少し、最後にもっともエッチング率の小さいGaNとなるように設計されている。

【0039】このように設計されたN型GaN/AlGaNグレード層16をウェットエッチングすることにより、図5に示すような、角の部分が丸められた断面形状

の、逆メサ形状のN型ストライプ16を、N型Ga<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>バッファ層上に形成することができる。角が平滑な曲面で構成されることにより、前記逆メサ状のメサストライプ16が、その上に成長するN型Ga<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>層2aにより、バッファ層2を含めて界面に欠陥を生ずることなく埋め込まれる。

【0040】このとき逆メサ16の中央部は凸型に、周辺部には逆メサが存在しないので凹型にGa<sub>0.9</sub>N<sub>0.1</sub>層2aが成長する。このような凹凸のある下地の上に、原料ガスの流量等を最適化して、MOCVD法を用いて多層構造をエピタキシャル成長することにより、図5に示すような、複数の曲面状のヘテロ接合界面を有するCDH型のGa<sub>0.9</sub>N系半導体レーザを形成することができる。

【0041】前記CDH型レーザにおいては、前記ヘテロ界面で構成される曲面群を利用して、P型Ga<sub>0.9</sub>Nコンタクト層11の上に設けた絶縁膜13の、ストライプ状の開孔を介して、再上層のアノード電極12から活性5の凹部に電流を集中させれば、曲面状に形成されたAl<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nクラッド3、7及びGa<sub>0.9</sub>N光ガイド層4による、横方向の光閉じ込め効果が発生し、特に電流ブロック層を設けることなく、レーザ光の横モード制御を行うことができる。

【0042】良好なレーザ発光特性を有するCDH型のGa<sub>0.9</sub>N系半導体レーザを形成するためには、断面形状が図5の16に示すような、平滑な曲面で囲まれた逆メサ型のメサストライプを埋め込むことが必須の技術であり、この部分に最適形状に設計された本発明の層状のエッチング領域を用いることができる。

【0043】次に図6に基づき本発明の第4の実施の形態を説明する。図6は埋め込みストライプ型レーザに本発明のウェットエッチング法を適用した例が示されている。この構造は図3と異なり、活性層5自身が電流ブロック層17によりストライプ状に限定された形状となっている。

【0044】サファイヤ基板1の上にN型Ga<sub>0.9</sub>Nバッファ層2を成長し、その上に本発明の層状のエッチング領域であるN型Ga<sub>0.9</sub>N/Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nグレード層15を成長する。ここでN型Ga<sub>0.9</sub>N/Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nグレード層15は、下部のN型Ga<sub>0.9</sub>Nバッファ層に隣接するN型Ga<sub>0.9</sub>Nから上部に向けて、Al組成が増加するように設計されている。引き続きN型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nクラッド層3、undoped-InGa<sub>0.9</sub>N活性層5、P型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nクラッド層7、P型Ga<sub>0.9</sub>Nコンタクト層11を成長する。

【0045】次に前記P型Ga<sub>0.9</sub>Nコンタクト層上に酸化膜からなるストライプ状のエッチングマスクを設け、下層に設けた本発明のN型Ga<sub>0.9</sub>N/Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nグレード層15までウェットエッチングする。このようにすればN型Ga<sub>0.9</sub>Nバッファ層2に隣接するN型Ga<sub>0.9</sub>Nがエッチングの停止層として働くため、前記N型Ga<sub>0.9</sub>N/Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nグレード層は図6の15に示すように、なだらかに裾

野を引く断面形状を持ったメサストライプとして形成される。

【0046】メサの側面にN型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nからなる電流のブロック層17を形成し、このようにして形成されたメサ型の頂上部を含む多層構造全体の上面に絶縁膜13を形成し、P型Ga<sub>0.9</sub>Nコンタクト層の部分をストライプ状に開孔して、アノード電極となるNi/Au又はPd/Auをスパッタする。さらにN型Ga<sub>0.9</sub>Nバッファ層上にTi/Auからなるカソード電極を設けて、それぞれリフトオフすることにより、埋め込みストライプ型Ga<sub>0.9</sub>N系半導体レーザを完成する。

【0047】このようにして形成されたレーザ装置では、N型Ga<sub>0.9</sub>N/Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nグレード層15の上のN型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N電流ブロック層17の成長界面が滑らかに接続され、またGa<sub>0.9</sub>N系レーザの主要構成部となるundoped-InGa<sub>0.9</sub>N活性層5を含む多層構造からなる側壁部と前記電流ブロック層17との接続も滑らかになるので良好なレーザ特性を得ることができる。

【0048】ここで、種々の形状のメサを形成するのに用いることのできる、前記層状のエッチング領域の基本的な構成を図7及び図8に示す。図7(a)に示すように、下部から上部に向けて徐々にAl組成が増加するGa<sub>0.9</sub>N/Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nからなるグレード層を用いて、下部のGa<sub>0.9</sub>N層と上部Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N層を接続すれば、第1、第2及び第4の実施の形態で説明したように、上層から下層までなだらかに接続した理想的なエッチングプロファイルが得られる。図7(a)の右側にこのようにして形成されたメサ側面のエッチングプロファイルを示す。

【0049】しかし、Al組成を徐々に変化したグレード層の形成は、結晶成長技術として必ずしも容易ではない。そこで、下部のGa<sub>0.9</sub>N層と上部のAl<sub>1-x</sub>Ga<sub>1-y</sub>N層との間に、上層に比べてAl組成の小さいAl<sub>1-x</sub>Ga<sub>1-y</sub>N層(x>y)を1層のみ挿入して、図7(b)の右に示すような多少キンクが含まれるエッチングプロファイルとすることも実用上は重要な方法である。

【0050】このとき図8に示すように、挿入した1層のAl<sub>1-x</sub>Ga<sub>1-y</sub>NのAl組成が上層のAl<sub>1-x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N層(x<y)のAl組成よりも大きい場合には、図8の右に示すようなオーバーハング型のエッチングプロファイルを得ることもできる。

【0051】次に本発明のウェットエッチングの方法について詳細に説明する。ウェットエッチングの溶液として、NaOH、HF系の溶液や、H<sub>3</sub>PO<sub>3</sub>溶液、KOH等の溶液を用いることができる。しかし、これらのエッチング溶液は、結晶化したGa<sub>0.9</sub>N系材料を、ある程度までしかエッチングすることができない。Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>NのようなAlを含む混晶ではエッチングは僅かに進むが、十分なエッチングを行うためには、次にのべるような電気化学的方法を用いなければならない。

【0052】図9に、本発明の層状のエッチング領域の

電気化学的方法によるエッチング装置の概念図を示す。

18は、Ga N系多層構造を形成した基板であり、Na OHの溶液19に浸される。20は直流電源であり、前記Ga N系多層構造に含まれる層状のエッチング領域が正、Na OH溶液19が負となるように接続される。また、ピーカーの側壁に沿ってコイル状の金属電極21が設けられ、直流電源20の負側に接続される。22はスターラーであり、ピーカーの外部に設けたコントローラの回転磁場を用いてNa OH溶液19を攪拌する。

【0053】Ga N系多層構造を形成した基板18の支持部等、エッチングの対象外である部分の表面は、ワックス等で保護し、電流が流れないようにされている。このように、エッチング溶液中でGa N系半導体を正にバイアスすれば、表面の原子が酸化するか、又は複合化合物を形成してエッチング溶液中に溶出する。Ga N系半導体がP型の場合には、エッチング率は電流に比例する。しかし、N型の場合には、エッチング溶液と半導体表面との間に生ずる障壁が逆バイアスされることになるので、P型の場合のように、電流との間に単純な比例関係が成り立たない。N型Ga N系半導体に対してエッチングを進行させるためには、ピーカーを通して、その禁制帯幅よりも大きなエネルギーの光照射をすることが必要である。

【0054】また、エッチングの際に、スターラーを用いて液を攪拌することがエッチングを進行させるための必須の条件である。エッチング液を攪拌しなければ、Ga N表面が準安定な酸化層で覆われるため、エッチングが停止してしまう。

【0055】この他、前記電気化学的エッチングのみににより、エッチングプロファイルを変化することも可能である。例えば層状のエッチング領域のA1組成を変化する代りに、層の厚さ方向の抵抗率を変化して電気化学的エッチングを行えば、厚さ方向にエッチングの電流密度分布が変化し、これに応じてエッチングプロファイルを変化することができる。

【0056】N型Ga NとP型Ga Nのように、導電型の異なる層の抵抗の差も、電気化学的エッチングに利用することができる。例えば図10に示すようなストライプ型のレーザ構造において、隣接するP型Ga N層11を全くエッチングすることなく、上部のN型Ga N層2のみを選択的にエッチングし、P型Ga N層11を露出させることができる。

【0057】このとき、もし電気化学的方法を用いない通常のエッチングを行えば、エッチング停止の検出が困難であり、アンダエッチやオーバエッチの問題を避けることができない。しかし、電気化学的エッチングの場合には、P型Ga Nの電気抵抗がN型Ga N層に比べて非常に大きいので、P型Ga N層をエッチングの停止層として有効に用いることができる。

【0058】なお本発明は上記の実施の形態に限定され

ることはない。例えば本発明の層状のエッチング領域を形成するに当り、組成の変化と抵抗率の変化を組み合わせることにより、他の方法では得られないエッチング形状を形成することができる。このような特殊な形状は必ずしもレーザのメサストライプの側面形状の制御ばかりでなく、化合物半導体装置の構成上重要な役割を果たす加工の困難な任意の構成部分に適用可能なものである。

【0059】同様に本発明の層状のエッチング領域に、導電型の異なる層と抵抗率の異なる層及び組成の異なる層とを組み合わせる用いるようにしても良い。その他本発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々に変形して実施することができる。

【0060】

【発明の効果】上述したように本発明のGa N系発光装置によれば、特に設けられた層状のエッチング領域と、これに電気化学的エッチング法を併用することにより、発光装置の動作電圧としきい値電流を低減することができる。またエッチされた表面と、その上に成長した多層構造との界面の平滑性が改善されることにより、Ga N系多層構造の結晶性が改善され、長寿命のGa N発光装置を得ることができる。また本発明によれば、従来のエッチング法では不可能であった構造を有するGa N系発光装置を構成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係るメサエッチングを行う前後におけるGa N系半導体レーザ装置の部分構造を示す断面図。

【図2】上部クラッド層を標準的なドライエッチング法で加工したときのメサ型の形状を示す断面図。

【図3】本発明の第1の実施の形態に係るエッチング領域を用いたGa N系半導体レーザ装置の断面図。

【図4】本発明のエッチング領域を用いたメサ型Ga N系半導体レーザ装置の断面図。

【図5】本発明のエッチング領域を下層に設けたCDH型Ga N系半導体レーザ装置の断面図。

【図6】本発明のエッチング領域を用いた埋め込みストライプ型Ga N系半導体レーザ装置の断面図。

【図7】本発明のエッチング領域を用いて形成したエッチングプロファイルを示す図。

【図8】本発明のエッチング領域を用いて形成した他のエッチングプロファイルを示す図。

【図9】電気化学的方法を用いたエッチング装置の概念図。

【図10】本発明のエッチングを導電型の異なる層の選択エッチングに用いた例を示す断面図。

【符号の説明】

1…サファイヤ基板

2…N型Ga N層

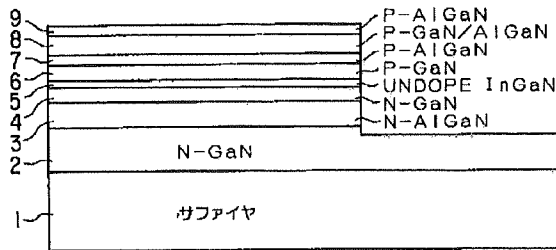
2a…N型Ga N層

3…N型AlGa Nクラッド層

- 4…N型Ga<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>N光ガイド層  
 5…InGa<sub>0.5</sub>N活性層  
 6…P型Ga<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>N光ガイド層  
 7…P型AlGa<sub>0.5</sub>Nクラッド層  
 8…P型Ga<sub>0.5</sub>N/A<sub>0.5</sub>AlGa<sub>0.5</sub>Nグレード層  
 9…P型AlGa<sub>0.5</sub>Nクラッド層  
 10…N型Ga<sub>0.5</sub>N又はN型InGa<sub>0.5</sub>Nからなる電流ブロック領域  
 11…P型Ga<sub>0.5</sub>Nコンタクト層  
 12…Ni/Au又はPd/Auからなる電極  
 13…絶縁層

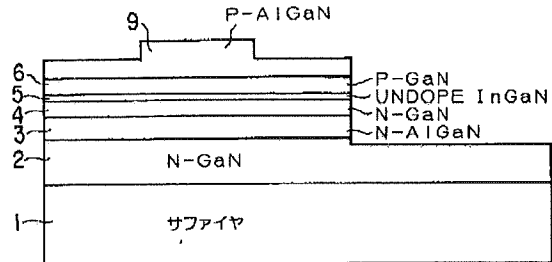
- 13a…空乏層  
 14…Ti/Au電極  
 15…N型Ga<sub>0.5</sub>N/A<sub>0.5</sub>AlGa<sub>0.5</sub>Nグレード層  
 16…逆メサ型N型Ga<sub>0.5</sub>N/A<sub>0.5</sub>AlGa<sub>0.5</sub>Nグレード層  
 17…N型AlGa<sub>0.5</sub>N電流ブロック領域  
 18…Ga<sub>0.5</sub>N系多層構造を形成した基板  
 19…NaOH溶液  
 20…直流電源  
 21…コイル状の金属電極  
 22…スターラー

【図1】

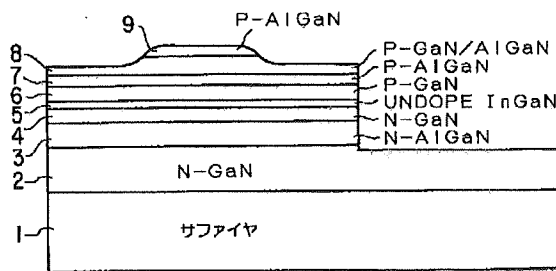


(a)

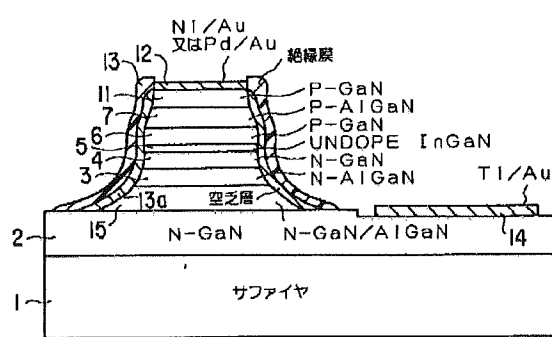
【図2】



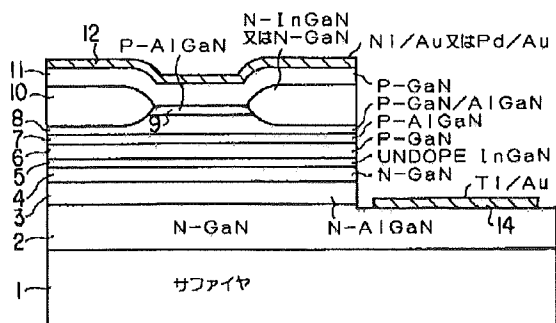
【図4】



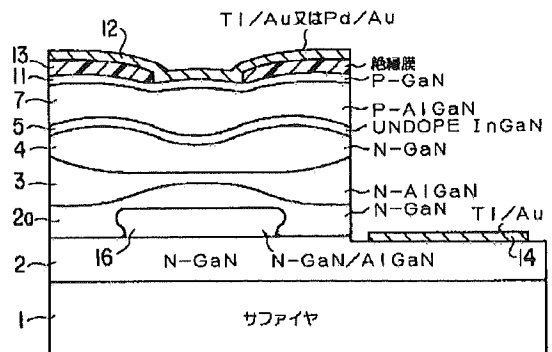
(b)



【図3】

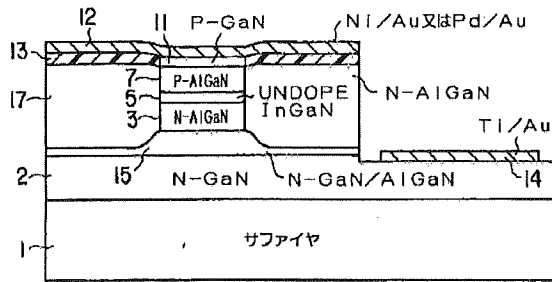


【図5】

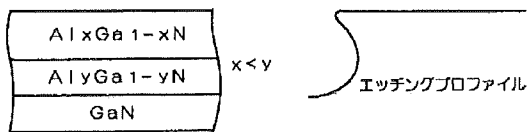




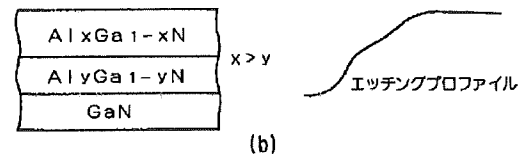
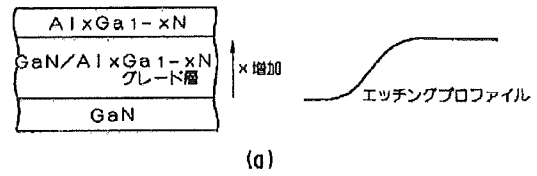
【図6】



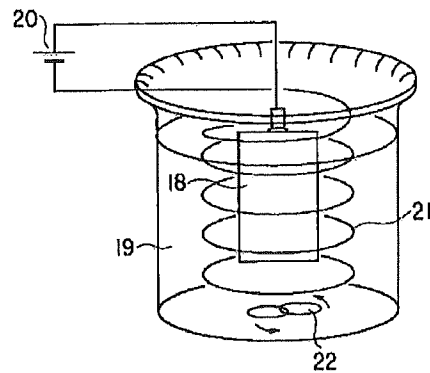
【図8】



【図7】



【図9】



【図10】

